



Neural correlates of Prospective memory

Dottorando: Dr.ssa Alessia Ciccola

Supervisore: Prof.ssa P. Bislacchi

Dipartimento di Psicologia Generale, Università di Padova

Introduzione

La Memoria Prospettica (MP) si riferisce ai processi associati al ricordo di eseguire un' intenzione in un determinato momento nel futuro (Brandimonte et al., 1996). Come tale la MP ricopre un ruolo importante nelle attività quotidiane di ogni giorno: ricordarsi di caricare il testo prima di spedire una posta elettronica, ricordarsi di prendere una medicina prima dei pasti o ricordarsi di andare a prendere il bambino a scuola, sono tutti esempi di MP.

Un compito di MP prevede sempre la presenza di un' attività di base (attività ongoing; Burgess et al., 2003) e la presenza di una attività propriamente prospettica, ovvero il ricordarsi di svolgere l'intenzione in un determinato momento nel futuro. Più specificamente gli autori distinguono due tipi di compiti di MP (Einstein & McDaniel, 1990; 1996): i compiti basati sull'evento (event-based) e i compiti basati sul tempo (time-based). Nei compiti di memoria prospettica basata sull'evento i soggetti, mentre sono impegnati nello svolgimento di un compito ongoing (es. compito di decisione lessicale, di categorizzazione di parole, di memoria a breve termine) devono ricordarsi di svolgere l'azione prospettica (es. premere un determinato tasto) all'apparire dello stimolo prospettico. Nei compiti invece basati sul tempo ai soggetti viene richiesto di ricordarsi di svolgere l'azione dopo un intervallo di tempo (ad es. premere un determinato tasto tra 10 minuti; Einstein & McDaniel, 1990; Einstein, et al., 1995). Questi due tipi di memoria prospettica richiedono all'individuo l'impiego di diverse risorse cognitive: la memoria prospettica basata sul tempo, infatti, richiede un maggior utilizzo di meccanismi interni di controllo dal momento che non ci sono indizi esterni che possono ricordarci di svolgere l'intenzione; per questo la memoria prospettica basata sul tempo deve far affidamento ad attività mentali auto-iniziate (self-initiated mental activities) come il monitoraggio attivo del tempo (d'Ydewalle, Bouckaert, & Brunfaut, 2001).

Analizzando la letteratura riguardante la MP (compiti basati sull'evento) in soggetti normali adulti dal 2000 ad oggi, sono emerse delle differenze importanti nella procedura empirica utilizzata dai vari autori: infatti, alcuni studi utilizzano una procedura di dual-task (doppio compito) ovvero ai

soggetti viene richiesto, all'apparire del target prospettico, di eseguire prima il compito ongoing (es. valutare se lo stimolo è una parola o una non parola) e subito dopo ricordarsi di premere il tasto per la risposta prospettica (e.g., Hicks, Marsh & Cook, 2005).

D'altro canto altri studi preferiscono utilizzare una procedura di task switch: ai soggetti viene richiesto, all'apparire dello stimolo prospettico, di interrompere il compito ongoing ed eseguire la risposta prospettica: es. non valutare la dimensione concretezza dello stimolo prospettico ma premere direttamente il tasto per la risposta prospettica (e.g., Burgess, Scott & Frith, 2003).

Inoltre, in alcuni studi la procedura empirica utilizzata nei compiti di MP non viene ben specificata (McDaniel et al., 2004) o, in alcuni studi, i soggetti vengono lasciati liberamente decidere se utilizzare una procedura piuttosto che un'altra (Smith, Hunt, McVay & McConnell, 2007).

Ora come ben sappiamo dalla letteratura riguardante le procedure di dual-task e di task switch, entrambi i paradigmi richiedono il coinvolgimento di risorse di tipo esecutivo (e.g., Baddeley, 2001), con la differenza che, l'attività di interrompere un compito per eseguirne un secondo, risulta più difficile rispetto allo svolgimento di due compiti contemporaneamente. Questo si è reso evidente dagli studi condotti sulla MP al variare dell'età: i soggetti più giovani e i soggetti più anziani hanno una prestazione deficitaria nei compiti prospettici rispetto ai soggetti adulti probabilmente perché tale procedura implica il coinvolgimento dei processi di inibizione o di controllo cognitivo (vedi Kvavilashvili, Messer, & Ebdon 2001). Anche lo studio di pazienti con lesioni cerebrali a carico del lobo frontale (Cockburn, 1995) con una prestazione deficitaria nei test atti a misurare le funzioni esecutive, nonostante avessero una intatta capacità di codifica, monitoraggio e recupero del contenuto dell'intenzione, mostravano nei compiti di MP, deficit nelle attività di inibizione del compito ongoing al fine di eseguire l'azione prospettica.

Sembra evidente, quindi, che i paradigmi che richiedono l'interruzione del compito ongoing per eseguire l'intenzione prospettica richiedono maggiori risorse cognitive rispetto ai paradigmi che richiedono una elaborazione parallela dei due compiti. Nonostante questa considerazione gli studiosi di MP sembrano usare in modo intercambiabile entrambi i paradigmi.

Considerando inoltre gli studi di neuroimmagine relativi al dual-task e al task switch in campo attentivo, sembra che questi due paradigmi attivino aree simili a quelle riscontrate negli studi di MP. In particolare le aree trovate dagli studi di Okuda et al. (1998, 2006) sulla MP che ha utilizzato un paradigma di dual-task, tra cui l'area B24/32, il giro cingolato anteriore e il precuneo corrispondono alle aree attivate in un compito di dual-task rispetto ad un compito di task switch nello studio di Dreher et al., (2003) e nello studio di D'Esposito et al., (1995) per quanto concerne il giro cingolato. Allo stesso modo l'attivazione della corteccia prefrontale (area 10 di Broadmann) riscontrata nella maggior parte degli studi della MP con paradigma di task switch è stata riscontrata

sempre nello studio di Dreher (2003) come area maggiormente attivata nel compito switch rispetto al compito di dual task. Anche lavori che si sono occupati di studiare i processi neurali del task switch tramite ERP hanno riscontrato la presenza di una componente positiva tardiva nelle aree posteriori presente nella condizione di switch in cui il soggetto deve interrompere un compito per eseguirne un secondo rispetto alla condizione di stimoli ripetuti.

Alla luce di tali considerazioni la presente tesi si pone due obiettivi: il primo consiste nel comparare la prestazione in un compito di MP, confrontando un compito di MP con paradigma di dual-task e un compito di MP con paradigma task-switch (Esperimento 1).

Il secondo l'obiettivo, invece, si propone di comparare un compito di MP (con rispettivi paradigmi task switch /dual-task) con un compito attentivo (con rispettivi paradigmi task switch e di dual task) ottenuto aumentando la frequenza degli stimoli target (esperimenti 2: A e 2 B).

Inoltre, al fine di evidenziare la presenza di eventuali differenze nei due esperimenti, abbiamo analizzato i correlati neurali dei rispettivi compiti utilizzando la tecnica dei potenziali evento-relati (ERP). Generalmente, le componenti ERP associate ad un compito di MP sono due: la N300 (una negatività con ampiezza maggiore in area occipito-parietale tra i 100 e 400 ms dalla comparsa dello stimolo) che riflette i processi di detezione del cue prospettico e la positività prospettica (tipicamente osservata tra i 400 e i 1000 ms dalla comparsa dello stimolo nei siti centrali, parietali e occipitali) associata ai processi di recupero dell'intenzione dalla memoria a lungo termine, ai processi di monitoraggio post-recupero e ai processi di coordinazione dei compiti (West, 2008; West & Krompinger, 2005; Zöllig et al., 2007).

ESPERIMENTO 1

Metodo

Soggetti e disegno sperimentale

Hanno partecipato 17 studenti universitari di età compresa tra i 18 e 29 anni (*Media* = 24.05, *DS*= 2.19). Tutti i soggetti erano destrimani in base al punteggio ottenuto al “Edinburgh-Handedness-Test” (Oldfield, 1971).

Il disegno sperimentale è un disegno entro i soggetti (within subjects), ovvero ogni soggetto eseguiva entrambi compiti prospettici con i rispettivi paradigmi. L'ordine di presentazione dei due compiti era bilanciato tra soggetti.

Materiali e Procedura

Il compito ongoing richiedeva ai soggetti di valutare all'interno di una stringa di 5 lettere che compariva al centro dello schermo (e.g., DFDFD) se la seconda e la quarta lettera erano uguali o diverse tra loro (tasti di risposta K, L bilanciati tra i soggetti). Il compito prospettico consisteva nel ricordarsi di premere la barra spaziatrice quando la lettera 'B' appariva o nella seconda o nella

quarta o in entrambe le posizioni (SBSBS, SBSDS e SDSBS). Qualora la lettera 'B' comparisse nella prima, nella terza e nella quinta posizione (stimoli distrattori: BSBSB) i soggetti dovevano eseguire solo il compito ongoing.

Nel compito prospettico con paradigma di dual-task ai soggetti veniva chiesto, all'apparire dello stimolo prospettico, di eseguire prima il compito ongoing (decidere se la seconda e la quarta lettera erano uguali tra loro) e subito dopo il compito prospettico (premere la barra spaziatrice). Nel compito prospettico con paradigma di task switch invece ai soggetti veniva chiesto, all'apparire dello stimolo prospettico, di premere direttamente la barra spaziatrice senza eseguire il compito ongoing. I rispettivi compiti prospettici erano costituiti da 10 blocchi ognuno di 36 di stimoli.

Registrazione elettrofisiologica

L'elettroencefalogramma veniva registrato mentre i soggetti eseguivano i rispettivi compiti cognitivi. L'EEG è stato registrato utilizzando una cuffia elastica con 19 elettrodi (di metallo Ag/AgCl) posizionati secondo il sistema Internazionale 10-20 (AEEGS, 1991). È stato utilizzato un montaggio monopolare (sito neutro: mastoide).

Sono stati analizzati i potenziali evento-relati tramite la tecnica di averaging. Le epoche considerate includono: 200 ms prima della comparsa dello stimolo fino a 1000 ms dalla comparsa dello stimolo.

Partial least squares analysis

In aggiunta ai potenziali evento-relati abbiamo utilizzato una tecnica di analisi dati multivariata, utilizzata negli studi di MP e potenziali evento-relati (West & Krompinger, 2005): la Partial Least Squares analysis che permette di identificare le relazioni spazio-temporali tra l'attività neurale e il disegno sperimentale (PLS; Lobaugh, West, & McIntosh, 2001; McIntosh, Bookstein, Haxby, & Grady, 1996).

Risultati

I risultati del compito ongoing hanno rilevato nel compito con paradigma dual-task TR più lenti nella condizione prospettica rispetto alla condizione ongoing e distrattore. Si rileva inoltre l'effetto del B distrattore rispetto al compito ongoing, ad indicare che i soggetti hanno codificato l'intenzione (detezione del cue prospettico) senza attivare il recupero dalla memoria del contenuto dell'intenzione. Nessuna differenza nell'accuratezza. Nel compito con paradigma task switch si rileva un effetto dello stimolo distrattore sia nei TR che nell'accuratezza: i soggetti impiegano più tempo e sono meno accurati quando devono inibire uno stimolo con caratteristiche percettive simili al cue prospettico.

Il compito prospettico ha rivelato che i soggetti erano meno accurati e più lenti quando dovevano interrompere il compito ongoing per eseguire il compito prospettico (task switch) rispetto a quando dovevano eseguirli entrambi.

I dati elettrofisiologici invece hanno evidenziato, in entrambi i compiti di MP, la presenza di una N300 tra 200 e 300 ms in area occipito-parietale elicitata dagli stimoli prospettici.

Differenze significative invece si sono riscontrate nella positività prospettica. Infatti, il compito di MP con paradigma dual-task ha evidenziato la presenza di una positività tra i 400 e i 700 ms in area frontale maggiore rispetto al compito di MP con paradigma task switch. Il compito di MP con paradigma task switch ha evidenziato la presenza di una componente tardiva tra i 700 e 1000 ms elicitata da stimoli prospettici in area parietale centro-sinistra maggiore rispetto al compito di MP con paradigma dual-task.

I risultati della Partial least square confermano i dati comportamentali ed elettrofisiologici rivelando la presenza di due componenti : una prima componente differenzia i compiti di MP dai compiti ongoing; una seconda componente che differenzia il compito MP con paradigma dual task dal compito di MP con paradigma task switch.

Questi dati sottolineano che sia a livello comportamentale che elettrofisiologico l'utilizzo di un paradigma di dual task o di un paradigma di task switch in un compito di MP comportano l'utilizzo di processi cognitivi diversi. In particolare i compiti con task switch richiedono processi cognitivi aggiuntivi rispetto ai compiti di dual task (Bunge et al., 2002, 2004; Dreher et al., 2003).

ESPERIMENTO 2 (esperimenti: A e B)

Poiché i risultati trovati nel primo esperimento sono in linea con le differenze riscontrate negli studi attentivi che hanno indagato i processi cognitivi sottostanti ai paradigmi di dual task e task switch e poiché gli studi di neuroimmagine relativi al dual-task e al task switch in campo attentivo evidenziano l'attivazione di aree simili a quelle riscontrate negli studi di MP, l'obiettivo del secondo esperimento condotto è stato quello di comparare un compito di MP (con rispettivi paradigmi task switch /dual-task) con un compito attentivo (con rispettivi paradigmi task switch e di dual task) per evidenziare se i processi sottostanti la MP siano gli stessi o meno dei processi richiesti per l'esecuzione di un compito attentivo., detto in altri termini :se la memoria prospettica sia da considerarsi un dual task o un compito di task switching a seconda del contesto in cui è inserita.

Sono stati costruiti pertanto due esperimenti: nel primo esperimento (A) abbiamo confrontato un compito di MP con paradigma di dual task con un compito attentivo sempre con paradigma di dual task. Nell' esperimento B invece sono stati confrontati compito di MP e un compito attentivo con paradigma di task switch.

Metodo

Soggetti e disegno sperimentale

Un gruppo di 21 studenti universitari di età compresa tra i 18 e i 25 anni (*età media* = 23.25, *SD* = 1.80) è stato assegnati all'esperimento A (paradigma dual task) e un secondo gruppo di 17 soggetti (*età media* = 22.62, *SD* = 1.77) invece è stato assegnato all'esperimento B (paradigma task switch). Le istruzioni dei rispettivi compiti di MP erano le stesse di quelle utilizzate nel primo esperimento. I compiti attentivi si differenziavano dai compiti di MP solo per la maggiore frequenza degli stimoli target (presenza della lettera 'B' in seconda e/o quarta posizione). Il disegno sperimentale dei due esperimenti (A e B) è un disegno entro soggetti: i partecipanti di ogni gruppo doveva eseguire il compito di MP e il compito attentivo.

Dati EEG

Le procedure di acquisizione e di elaborazione dei dati EEG sono identici a quelli utilizzati nel primo esperimento con una sola eccezione: è stata utilizzata una cuffia elastica con 32 elettrodi anziché 21 elettrodi.

Risultati

In entrambi gli esperimenti 2A e 2B, comparando i compiti di MP con i rispettivi compiti attentivi si nota che aumentando la frequenza dello stimolo target vi è una diminuzione dei tempi di reazione in entrambi i compiti attentivi (con paradigma dual task e task switch) rispetto ai compiti prospettici. Per quanto concerne l'analisi dell'accuratezza invece si rileva un effetto significativo solo nel secondo esperimento (paradigma dual task): aumentando la frequenza dello stimolo target i soggetti sono più accurati rispetto a quando lo stimolo è raro (compito MP). La mancanza di significatività nel primo esperimento (paradigma di task switch) potrebbe indicare che il paradigma di task switch (sia quando lo stimolo è raro sia quando è frequente) implica un maggiore utilizzo di risorse cognitive rispetto al dual task.

A livello elettrofisiologico si rilevano differenze in entrambi gli esperimenti in particolare nell'ampiezza della positività prospettica. Infatti, l'esperimento A (paradigma dual task) evidenzia nell'intervallo tra 400 e i 1000 ms, una ampiezza maggiore nei siti frontali in emisfero destro nel compito prospettico rispetto al compito attentivo.

Nell'esperimento B (paradigma task switch) si evidenzia una ampiezza maggiore per il compito di MP rispetto compito attentivo. Tale ampiezza è maggiore nell'intervallo tra i 400 e i 700 ms nei siti frontali e nell'emisfero dx mentre nell'intervallo tra i 700 e i 1000 ms ha una ampiezza maggiore nei siti frontali e centro-parietali.

Anche i risultati della partial least squares (PLS; Wood, 1982) confermano i dati comportamentali ed elettrofisiologici rivelando la presenza di una componente significativa che differenzia il compito di MP dal rispettivo compito attentivo in entrambi gli esperimenti.

Discussione generale

Il primo esperimento della presente tesi ha messo in evidenza come il tipo di istruzioni utilizzate in un compito di MP, task switch o dual task, comporti delle differenze nella prestazione del compito stesso. Infatti, i soggetti sono meno accurati e più lenti in una situazione di task switch rispetto ad una situazione di dual task e questo rispecchia i dati riscontrati fino ad ora in letteratura per cui il paradigma di task switch richiede processi cognitivi aggiuntivi (inibizione, riconfigurazione del task set, working memory, Dreher et al., 2003) rispetto al paradigma dual task. Le differenze riscontrate nei dati comportamentali sono supportate da evidenze elettrofisiologiche: i due compiti non si differenziano per la componente N300 (riferita alla detezione dell'indizio prospettico) quanto per la positività più ampia in zona frontale nel compito di MP con dual task rispetto al task switch e invece più ampia e tardiva in area parietale per il compito prospettico con paradigma di task switch. Questo dato riveste una notevole importanza soprattutto quando si indagano i processi cognitivi della MP durante lo sviluppo e l'invecchiamento . Infatti sia i bambini (età dai 4 ai 7 anni) che gli anziani presentano, come evidenziato dagli studi di Kliegel et al., (*in stampa*), Kvavilashvili et al., (2001) e Bisiacchi, Tarantino e Ciccola (*in stampa*), un peggioramento in compiti che richiedono l'utilizzo di funzioni esecutive, in particolare nell'abilità di interrompere un compito per eseguirne un altro. Questo è dovuto al mancato sviluppo al deterioramento dei lobi frontali rispettivamente nei bambini e negli anziani.

Constatato, quindi, che il tipo di istruzioni utilizzate in un compito di MP può influenzare in modo diverso la prestazione di un soggetto in compito di MP basato abbiamo confrontato, nel secondo esperimento, i compiti di MP (con paradigma di dual task e task switch) con i rispettivo compiti attentivi, ottenuti aumentando la frequenza dello stimolo target. I risultati rilevano differenze sia nei dati comportamentali che nei dati elettrofisiologici ad indicare che i processi sottostanti un compito di MP sono diversi dai processi utilizzati per lo svolgimento di un compito attentivo. Tuttavia, come dimostrato dall'Esperimento 2 la MP non può considerarsi un caso particolare di dual task o task switching ma un processo che si differenzia da entrambe e che richiede un ulteriore reclutamento di risorse cognitive.